

# 実測路上交通量を用いた道路網交通需要推計法のネットワーク分割計算法について（昭和57年度 日本都市計画学会学術研究発表会論文集-17-）

著者	飯田 恭敬，高山 純一，井戸 昭典
雑誌名	都市計画 別冊
巻	学術研究発表会論文集17
ページ	325-330
発行年	1982-11-01
URL	<a href="http://hdl.handle.net/2297/11811">http://hdl.handle.net/2297/11811</a>

## 55. 実測路上交通量を用いた道路網交通需要推計法のネットワーク分割 計算法について

金沢大学建設工学科 教授 正会員 飯 田 恭 敬  
金沢大学建設工学科 助手 正会員 ○高 山 純 一  
長大橋設計センター 正会員 井 戸 昭 典

1. はじめに
2. ネットワーク分割計算法の基本的考え方
3. シミュレーションによるネットワーク分割計算法の検討
4. おわりに

### 1. はじめに

交通規制や信号制御などによって道路網の合理的運用をはかることは、都市における自動車交通問題を解決する重要な政策の1つである。しかし、そのためには対象とする地域の道路交通需要を正確に把握する必要があり、従来は主として四段階推計法が用いられてきた。しかし、この推計法は利用する既存統計資料の関係からマクロな取扱いにならざるを得ず、現実道路網に対応させるには不十分であった。加えて、集計と解析にも膨大な費用と人員を必要とする。このようなことから最近では簡便な方法として、道路区間上で観察される交通量を用いた新しい観点からの推計法の開発が推められている<sup>1)~5)</sup>。その中の1つの方法として著者等は、サンプル調査、既存OD交通量等によりOD間抵抗パラメータ $R_{ij}$ とOD別道路区間利用率 $P_{ij}^m$ を先決し、道路区間上で実測した交通量 $RX_m$ に適合させることによって、

$$T_{ij} = \alpha_i \cdot A_i \cdot \beta_j \cdot R_{ij}$$

$$= \alpha_i \cdot A_i \cdot \beta_j (A_j - 4D_j) R_{ij} \dots\dots\dots(1)$$

$$X_m = \sum_{i,j} T_{ij} \cdot P_{ij}^m$$

$$= \sum_{i,j} \{ \alpha_i \cdot A_i \cdot \beta_j (A_j - 4D_j) R_{ij} \} P_{ij}^m \dots\dots\dots(2)$$

$$4D_j = A_j - B_j = \sum_k RX_{jk} - \sum_k RX_{kj} \dots\dots\dots(3)$$

$$A_i = \sum_j T_{ij}, B_j = \sum_i T_{ij} \dots\dots\dots(4)$$

$$L = \sum_m (RX_m - X_m)^2 \Leftrightarrow Min \dots\dots\dots(5)$$

$$A_i^{(q+1)} = \frac{A_i^{(q)}}{\sum_k RX_{ik}} (\sum_k RX_{ik} - \sum_k X_{ik}^{(q)}) + A_i^{(q)} \dots\dots\dots(6)$$

ここで、 $(q)$ は $A_i$ の繰り返し修正回数を示す。  
 $X_m$  or  $X_{ik}$  ; 道路区間 $m$  or  $ik$  (ノード $i$ から隣接ノード $k$ への道路区間)の推計交通量  
 $RX_m$  or  $RX_{ik}$  ; 道路区間 $m$  or  $ik$ の実測交通量  
 $T_{ij}$  ; ノード $i, j$ 間のOD交通量  
 $A_i$  ; ノード $i$ の発生交通量  
 $B_j$  ; ノード $j$ の集中交通量  
 $R_{ij}$  ; ノード $i, j$ 間の抵抗パラメータ(先決値)  
 $P_{ij}^m$  ; OD交通 $T_{ij}$ が道路区間 $m$ を利用する比率(先決値)  
 ただし、 $\alpha_i, \beta_j$ は発生交通量、実中交通量に関するトリップ条件式(4)を満足するための調整係数である。

本研究ではそのための方法として、2通りの推計計算法を提案し、その適用性について簡単なモデルを使って検討を行なった。1つは対象道路網を分割し、補助記憶装置を用いることにより主記憶容量を減少させる道路網分割推計法であり、もう1つは対象道路網を部分集約化することにより、 $P_{ij}^m$ そのものの数を減少させて推計を行なう道路網集約化推計法である。

## 2. ネットワーク分割計算法の基本的考え方

OD交通量 $T_{ij}$ を式(1)のような重力モデル構造で表わすと、道路区間交通量の推計値 $X_m$ は式(2)のように表わすことができる。ただし、交通の発生集中はゾーンエリアを代表する交差点(ノードと呼ぶ)でまとめて行なわれるとし、対象道路網外周上の道路区間における対象地域への出入交通量は、そのままその地点の発生集中交通量とみなして取扱う<sup>3)</sup>。したがって、対象道路網周辺部のノードの発生集中交通量には通過交通量が含まれることになる。ここで、 $R_{ij}$ と $P_{ij}^m$ をサンプル調査や既存OD交通量等により先決できれば、式(2)右辺における未知変量は $A_i$ だけとなる。したがって、推計交通量 $X_m$ が実測交通量 $RX_m$ に一致するような、すなわち式(5)を満足する $A_i$ を求めれば、式(1)に代入することにより $T_{ij}$ を推計することができる。しかし、対象道路網全体を同時に推計する従来の推計法(道路網一括推計法)では、ノード数、リンク数が増えると、指数関数的に計算機容量が増大する。それゆえ、大規模道路網に対しては対象道路網をいくつかに分割し、分割した道路網ごとに推計を行なう計算方法が有効となる。ただし、式(5)は非線形の最適化問題となるため、ここでは繰り返し修正計算式(6)を用いて解くことにする。

### 2-1. 道路網分割推計法

この推計法の特徴は、補助記憶装置を用いることによって主記憶容量をできるだけ少なくすることにある。すなわち、道路網一括推計法においては図-1に示すノード数 $n(=16)$ 、リンク数 $m(=48)$ の対象道路網の場合、 $P_{ij}^m$ の記憶容量として、 $n \times n \times m = 16 \times 16 \times 48 = 12,288$ 個の主記憶容量が必要となるが、対象道路網を図-1のように4つのサブエリアに分割し、サブエリアごとに推計計算を行なうようにすれば、主記憶容量は約 $1/3$ ( $n \times n \times m' = 16 \times 16 \times 16 = 4,096$ 個、 $m'$ は境界を含めた1つのサブエリア内の道路区間数)となる。推計手順を示すと次のようになる。

ステップ1……対象道路網をいくつかのサブエリアに分割し、サブエリアごとに道路区間利用率を補助記憶装置へ格納する。

ステップ2……1つのサブエリアに着目し、そのサブエリア内の道路区間(たとえば、図-1のサブエリアIの場合では、1から8、33から40の合計16個の道路区間)について、実測値と推計値が一致するようにそのサブエリア内の発生交通量を1回修正する。このとき、他のサブエリア内の発生交通量は固定しておく、着目するサブエリアを順次入れ替えて、すべてのサブエリアについて修正計算を1通り行なう。修正計算は式(6)を用いて行なう。

ステップ3……ステップ2を繰り返し、対象道路網全体の道路区間において、実測交通量と推計交通量の誤差がある許容誤差以下になるまで修正を繰り返す。

この推計法では、着目するサブエリアごとに補助記憶装置から $P_{ij}^m$ を呼び出し、入れ替えて計算をする必要があるため、道路網一括推計法に比べ約2~3割推計時間が長くなる。

### 2-2. 道路網集約化推計法

この推計法は補助記憶を用いるのではなく、推計対象のサブエリア以外を図-2に示すように集約化し、ノード数、リンク数を減らすことによって計算機容量の軽減をはかるものである。ただし、図-2はサブエリアIに着目した集約ネットワークを表わしたものであり、他のサブエリアについても同様に集約ネットワークを作成することができる。このようにすれば、 $P_{ij}^m$ の記憶容量を道路網一括推計法の約 $1/3$ ( $n' \times n' \times m' \times l' = 7 \times 7 \times 20 \times 4 = 3,920$ 、 $n'$ 、 $m'$ はそれぞれ集約ネットワークにおけるノード数、リンク数を示し、 $l'$ はサブエリアの数を示す)にすることができる。ただし、先決値として与えるOD間抵抗パラメータ $S R_{ij}$ 、道路区間利用率

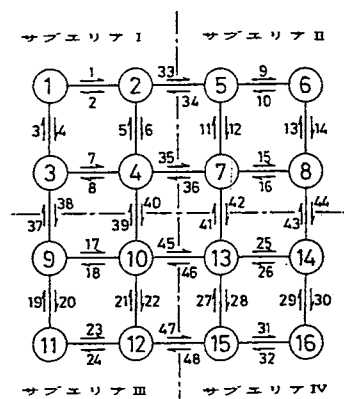


図-1 対象道路網とサブエリア

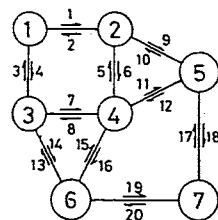


図-2 サブエリアIに着目した場合の集約ネットワーク

$SP_{ij}^m$  および実測道路区間交通量  $SRX_m$  は集約ネットワークに対応したものでなければならない。推計手順を示すと次のようになる。

ステップ1……対象道路網を分割し、推計対象サブエリアごとに集約ネットワークを作成する（図-2）。

ステップ2……全域ODパターン（表-1）を集約することによって集約ODパターン（表-2）を作成し、集約ネットワークにおけるOD間抵抗パラメータ  $SR_{ij}$  を求める。

ステップ3……全域OD比率を用いて、集約ネットワークにおける道路区間利用率  $SP_{ij}^m$  を求める。このとき、いくつかの道路区間が集約されて1本となった場合には、対応する道路区間の利用率を合計して求めればよい。

ステップ4……集約ネットワークの道路区間交通量  $SRX_m$  は、対応する道路区間をそれぞれ合計して求める。

ステップ5……ステップ2, 3, 4で得られた  $SR_{ij}$ ,  $SP_{ij}^m$ ,  $SRX_m$  をインプットデータとして、式(5)を満たす  $\alpha_i$ ,  $A_i$ ,  $\beta_j$ ,  $B_j$  を求める。ただし、発生交通量の修正計算は集約ネットワーク全体に対して行なう。

ステップ6……各サブエリアについて、ステップ2から5を繰り返す、得られた  $\alpha_i$ ,  $A_i$ ,  $\beta_j$ ,  $B_j$  ( $i, j=1, 2, \dots, 16$ ) を式(1)に代入して、OD交通量  $T_{ij}$  を計算する。

表-1 全域ODパターンと各サブエリアの関係

	1…4	5…8	9…12	13…16	O
I 1…4					
5…8					
9…12					
13…16					
D					T

表-2 サブエリアIを推計対象とした場合の集約ODパターン

	1	2	3	4	5	6	7	O
1								$SA_1$
2								$SA_2$
3								$SA_3$
4								$SA_4$
5								
6								
7								
D	$SB_1$	$SB_2$	$SB_3$	$SB_4$				$TT$

### 3. シミュレーションによるネットワーク分割計算法の検討

本研究で提案した2つの推計計算法の適用性について、簡単なシミュレーションにより検討を行なう。シミュレーションは図-1に示す対象道路網を用い、最初に与えるOD交通量としてはOD交通量がすべて同一な均一OD交通量を用いた。また、先決値の道路区間利用率は次のように設定した。まず、格子状に沿った直進方向のOD交通量に対しては、格子状の最短経路のみを利用するとし、屈折経路を有する斜方向のOD交通量に対しては、屈折回数の少ない経路を優先させ、その経路の利用率が高くなるように設定した。なお、現実の都市では道路網形態、土地利用形態によりさまざまなODパターンが存在し、たとえば通過交通量の多い都市では対象道路網外周部のノード間のOD交通量が多く、中心部に商業地や官庁が集中した都市では対象道路網内部のノードの発生集中交通量が多くなると考えられる。そこで本研究では、このODパターンの違いが推計精度にどのような影響を与えるか分析するために、次のような2通りのODパターン変動シミュレーションを行なった。すなわち、内部発着、通過交通比率の影響と斜方向、直進方向交通比率の影響をみるために、内部ノードの発生集中交通量と直進方向のOD交通量をそれぞれ1/8倍から8倍まで変化させてシミュレーションを行なった。

#### 3-1. 発生交通量の修正回数と推計精度

一般に、発生交通量の修正回数を多くすれば、推計に必要な計算時間は長くなる。ただし、計算時間が単純に修正回数と比例関係にあるわけではない。なぜなら、道路網分割推計法では推計時間の他に  $P_{ij}^m$  を補助記憶装置から呼び出すアクセス時間が必要となり、道路網集約化推計法では集約ネットワークに対応した  $SP_{ij}^m$ ,  $SR_{ij}$ ,  $SRX_m$  を前もって求めておき外生的に与えるか、推計計算の中で内生的に与えるかによって計算時間が異なるからである。そこで、修正回数を固定した場合のODパターンの違いによる推計精度を比較することにより、各推計法の特徴を検討する。図-3、図-4はそれぞれ内部発着、直進方向に関するODパターンを変化させた場合

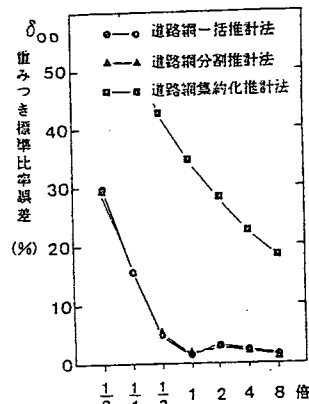
の各修正回数における推計精度を示したものである。ODパターンによって異なるが、修正回数が少ないと誤差が大きい傾向にある。その傾向は、特に道路網集約化推計法において強く、内部発着OD比率または直進方向OD比率が小さいODパターンで誤差が大きくなっている。このことより、道路網集約化推進法を一般の道路網に適用する場合には、集約ODパターンによりあらかじめ修正回数を検討する必要があるといえる。

### 3-2. OD間抵抗パラメータの変動による影響

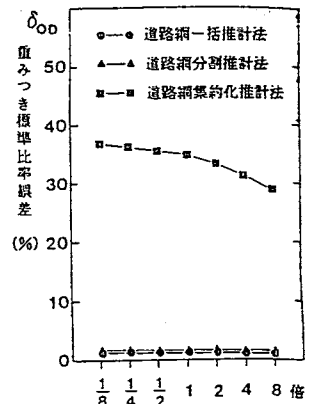
本推計法ではサンプル調査等によって与えられるOD間抵抗パラメータ $R_{ij}$ を固定値として扱っているが、一般には真実値との間に差異があると考えられる。したがって、その差異が推計精度にどのような影響を与えるかを調べることは、この推計法を適用するうえで重要なことである。そこで、その影響をみるために真実値を変動させ<sup>3)</sup>、それぞれ4回のシミュレーションを行なった。図は4回のシミュレーション結果とその平均値を示してある。図-5より、真実値に対する相対変動が10%、20%、30%と大きくなるにしたがい、推計誤差はほぼ10%、20%、30%と悪くなっており、そのバラツキも次第に大きくなっている。しかもその傾向は図-6の道路網分割推計法においても同様であり、ODパターンが異なっても同じである。一方、道路網集約化推計法の場合は、前者2つの推計法に比べ、平均誤差、バラツキどちらも若干大きくなっている。これは、もともと相対変動が0%のときに誤差があるためと考えられる。

### 3-3. OD別道路区間利用率の変動による影響

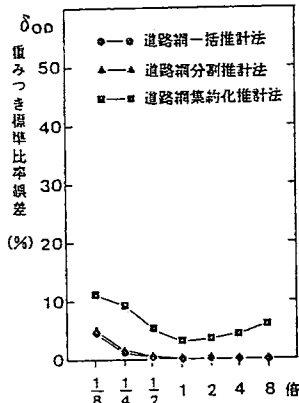
OD間抵抗パラメータ $R_{ij}$ と同様、OD別道路区間利用率 $P_{ij}^m$ においても真実値との差異が問題となる。そこで、推計精度に与える影響をみるために、シミュレーションにより真実値を変動させ誤差分析を行なった<sup>3)</sup>。図はそれぞれ相対変動が0%、20%、40%の場合を示してある。 $R_{ij}$ 変動の場合に比べ、 $P_{ij}^m$ 変動の影響は小さいといえる。しかも、図-8、図-9に示すように道路網一括推計法と道路網分割推計法においては変動によるバラツキが小さく、相対変動が40%の場合でも最大誤差が20%以下と



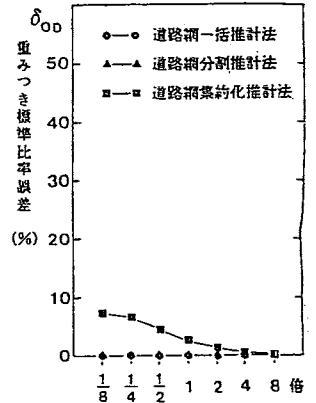
(a) 修正回数 10 回



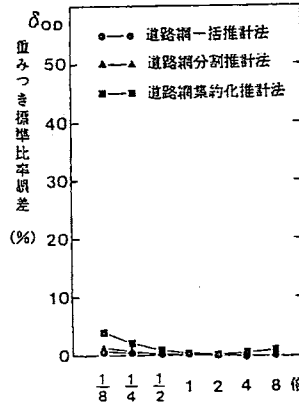
(a) 修正回数 10 回



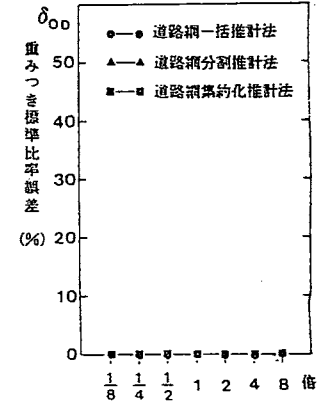
(b) 修正回数 50 回



(b) 修正回数 50 回



(c) 修正回数 100 回



(c) 修正回数 100 回

図-3 内部発着ODパターン変動に対するOD交通量の推計精度

図-4 直進方向ODパターン変動に対するOD交通量の推計精度

なっている。しかし、道路網集約化推計法においては $R_{ij}$ 変動の場合と同様に、誤差、バラツキともに前者二推計法に比べ大きくなっている。なお、内部発着OD交通量に関するシミュレーションでは、内部発着のOD交通量比率の大小にかかわらず、 $P_{ij}^m$ 変動の影響は変わらないが、直進方向OD交通量に関するシミュレーションでは、直進方向OD交通量比率が小さいほど誤差が大きくなっている。これは、このシミュレーションが屈折経路を有する斜方向OD交通量に関する道路区間利用率のみを変動させているからである。すなわち、直進方向のOD交通量が相対的に大きくなれば、 $P_{ij}^m$ の変動の影響が小さくなるからである。

#### 4. おわりに

実測路上交通量モデルを大規模道路網に適用する場合には、経済的観点から計算機容量を軽減する必要がある。本研究では、そのための方法として2通りの推計算法を提案し、簡単なモデルを使ってその適用性を検討した。以上の結果をまとめると、次のことがいえる。

- (1) 道路網分割推計法は道路網一括推計法と同程度の推計精度が得られるが、サブエリアごとにデータを補助記憶装置から呼び出す必要があるため、計算時間は長くなる。
- (2) 道路網集約化推計法は道路網分割推計法に比べ推計時間は短縮できるが、推計誤差は大きい。特に、内部発着OD交通量が小さい場合に誤差が大きく、多くの修正回数が必要とする。
- (3) OD間抵抗パラメータの変動が大きくなると、いずれの推計法においても誤差、バラツキが大きくなり、その傾向はどのODパターンにおいても同じである。
- (4) OD別道路区間利用率の変動による影響はOD間抵抗パラメータの場合に比べかなり小さく、直進方向のOD定通量が大きい場合にはほとんどみられない。

よって、経済的観点のみからいえば計算時間の短い道路網集約化推進法が有利であり、推進精度面からみれば道路網分割推進法が有利である。また、道路網集約化推計法は集約ネットワークに対応させてデータを作る必要があるため、データ作成が多少面倒となる。しかし、対象地

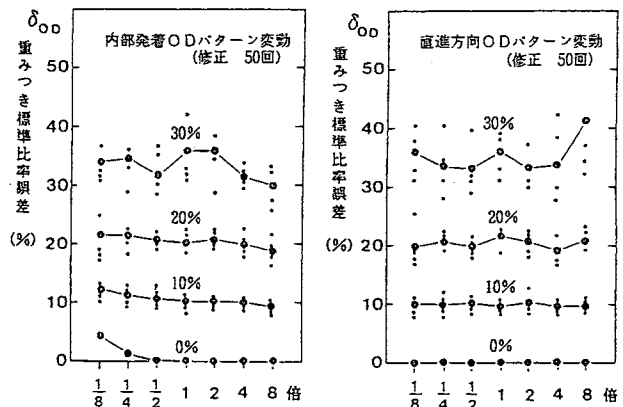


図-5 道路網一括推計法における $R_{ij}$ 変動のOD交通量推計誤差に対する影響

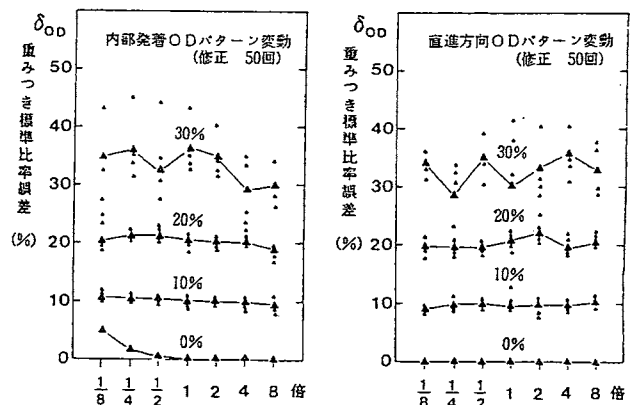


図-6 道路網分割推計法における $R_{ij}$ 変動のOD交通量推計誤差に対する影響

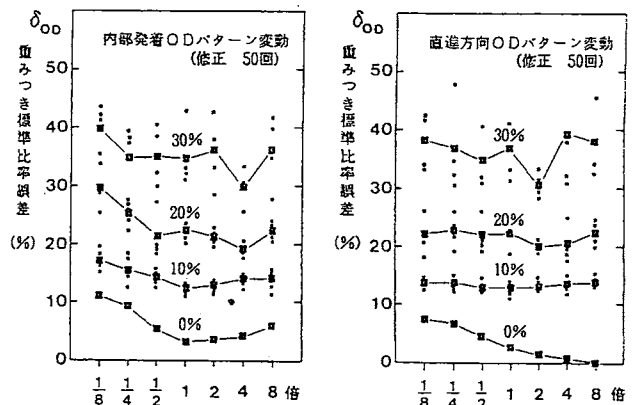


図-7 道路網集約化推計法における $R_{ij}$ 変動のOD交通量推計誤差に対する影響

域が道路網全域ではなく、ある地域に限定された場合には非常に有効になる。このように、両推計法は一長一短を持っており、対象道路網に応じて使い分ける必要がある。また、今回のシミュレーションでは発生交通量の初期値を任意に与えたために多くの修正回数を必要としたが、この初期値の与え方によっては発生交通量の修正回数を減らすことが可能である。その1つの方法として、既存（あるいは調査）OD交通量の発生交通量パターンを用いる方法が考えられる。<sup>7)</sup>この方法は発生交通量パターンのずれが大きくない場合に非常に有効であり、10回程度の修正回数でかなりの推計精度が得られている。なお、現実道路網へ適用する場合の細街路利用交通量の問題<sup>8)</sup>や道路区間交通量の観測誤差（交通量変動による影響を含む）については現在検討中であり、稿を改めて発表する予定である。今後は、対象道路網の分割数と推計精度の関係、最適な分割方法、式(1)の代わりに時間距離を用いて記述した一般的重力モデルを用いた場合の推計精度などについて、現実道路網を用いた検討をしていきたい。

#### 参考文献

- 1) J. Holm et al.; "Calibrating traffic models on traffic census results only," Traffic Engineering and Control, Vol.17, No.4, April 1976
- 2) 井上博司; 「路上交通量観測による自動車OD交通量の推計」, 第1回土木計画学研究発表会講演集, 1979年1月
- 3) 飯田恭敬; 「発生交通量のみを变量とした実測交通量による交通需要推計法」, 土木学会論文集, 第283号, 1979年3月
- 4) H.J. Van Zuylen, et al.; "The most likely trip matrix estimated from traffic counts," Transpn. Res.-B, Vol. 14B, No.3, 1980
- 5) L.J. Leblanc, et al.; "Selection of a trip table which reproduces observed link flows," Transpn. Res.-B, Vol. 16B, No.2, 1982
- 6) 飯田恭敬, 高山純一, 井戸昭典; 「実測路上交通量モデルの簡易推計法の検討」, 土木学会中部支部発表会概要集, 昭和57年
- 7) 金井一二, 飯田恭敬, 高山純一; 「路上交通量によるOD交通量とOD別道路区間利用率の同時推計法」, 第37回土木学会年次学術講演会概要集, 第四部, 昭和57年
- 8) 飯田恭敬, 高山純一, 鳥居久美子, 伊達欣志; 「細街路交通を考慮した道路網交通需要推計法」, 第36回土木学会年次学術講演会概要集, 第四部, 昭和56年

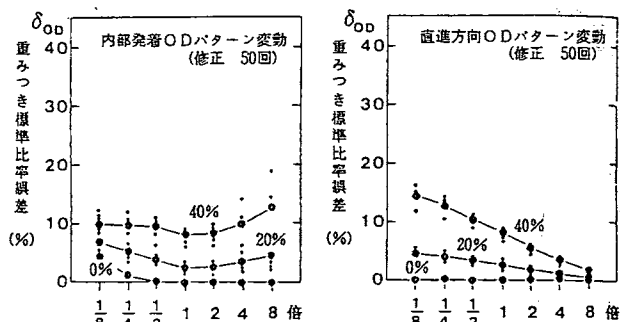


図-8 道路網一括推計法における  $P_{ij}^m$  変動のOD交通量推計誤差に対する影響

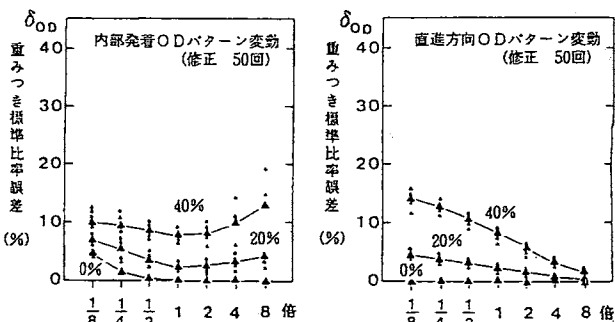


図-9 道路網分割推計法における  $P_{ij}^m$  変動のOD交通量推計誤差に対する影響

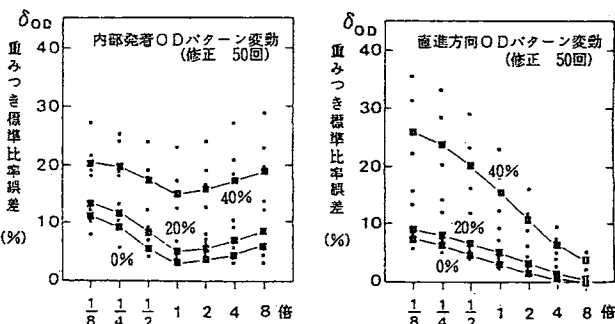


図-10 道路網集約化推計法における  $P_{ij}^m$  変動のOD交通量推計誤差に対する影響